

DE LA RECHERCHE À L'INDUSTRIE



Session Anniversaire Les 10 ans de l'ESNT

S. Hilaire – CEA, DAM, DIF – Arpajon - France

27 Novembre 2014

- Historiquement : DSM = exp ; DAM = th
- ESNT créée en 2004 pour **pérenniser** et **étendre** ces liens
 - ⇒ **Signature accord COPHYNU en 2008 (4 axes de collaboration)**

LA COLLABORATION EN PHYSIQUE NUCLEAIRE DAM-DSM EN 2013

Une collaboration créée par pour renforcer les liens DAM-DSM en physique nucléaire

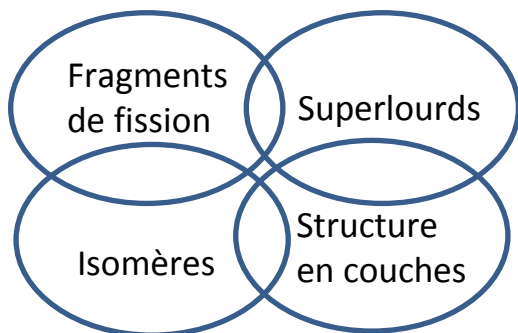
expérimentale
et
théorique



Activités en cours ou nouvelles associant expérimentateurs et théoriciens (mises à jour annuelles)



Activités dans le cadre de l'ESNT, *Espace de Structure Nucléaire Théorique* (créé fin 2004 par IphT, SPN, SphN) devenu en 2012 *Espace de Structure et de réactions Nucléaires Théorique*



- Structure du noyau , réactions nucléaires, fragments de fission
- programmes liés à la sûreté et à la sécurité
- Développements en lien avec les nouveaux projets expérimentaux

Réunion **COPHYNU** tous les 2 ans : **présentations des actions et bilan / perspectives**

Le 5 avril 2013 au GANIL (5^e session)

<http://irfu-i.cea.fr/Sphn/Journees%20SPhN/Cophynu/index.php>

Séminaire croisé DAM/DSM pour **dégager de nouveau axes de collaboration** en alternance

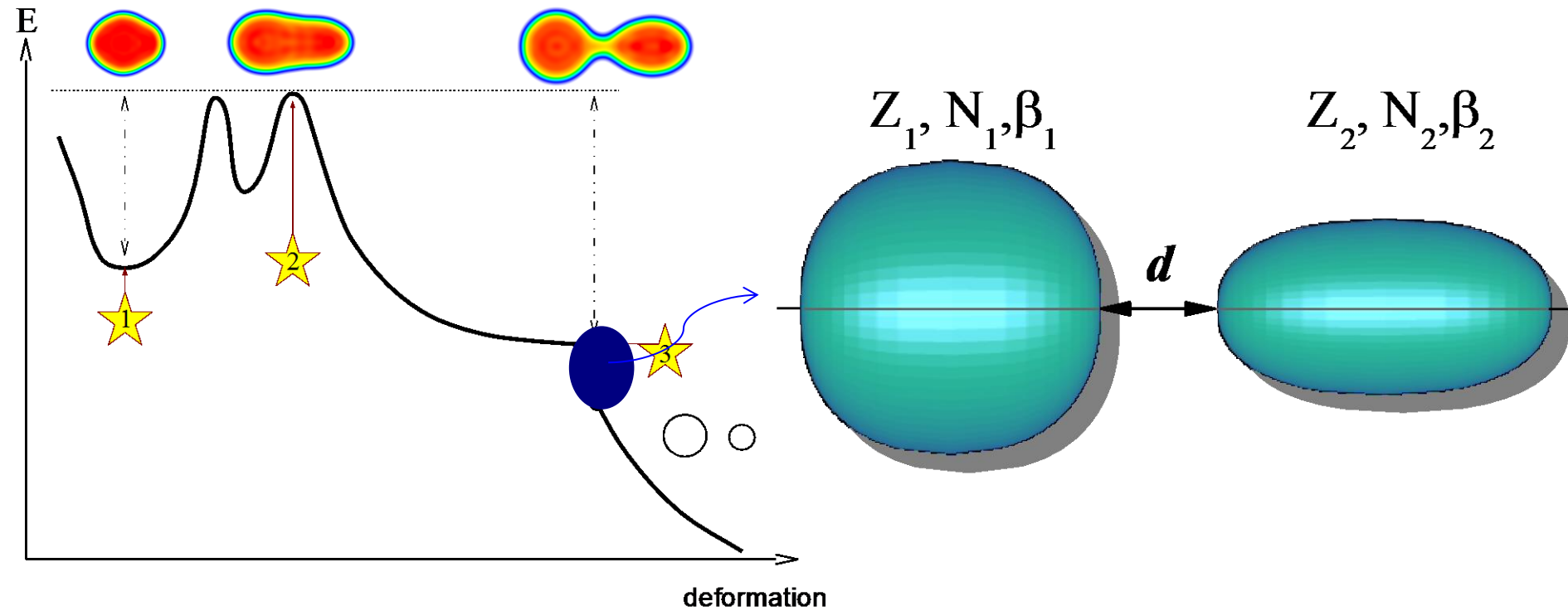
A souligner :

- **sujet de thèse en cotutelle** sur le projet Scission-Point Yield (SPY)
- expériences sur la fission : réalisées (SOFIA) + projets à venir (régions de masse inexplorées)
- Projets autour de la structure en couches des noyaux exotiques proches des drip-lines : en développement suite aux interprétations des expériences menées à RIKEN (passées ou à venir).

- Historiquement : DSM = exp ; DAM = th
- ESNT créée en 2004 pour **pérenniser** et **étendre** ces liens
 - ⇒ **Signature accord COPHYNU en 2008 (4 axes de collaboration)**
 - ⇒ **Apparition de nouvelles thématiques avec le temps (12 actuellement)**
 - 1 th-th (Thèse)
 - 6 exp-exp
 - 4 exp-th
 - Activités ESNT (Pierre angulaire de la collaboration © F. Auger)
 - ⇒ ESNT aide (initialement) au maintien de l'activité théorique
 - Embauche T. Duguet
 - Espace de discussions théorique (**organisation de projets communs**)

- Historiquement : DSM = exp ; DAM = th
- ESNT créée en 2004 pour **pérenniser** et **étendre** ces liens
 - ⇒ **Signature accord COPHYNU en 2008 (4 axes de collaboration)**
 - ⇒ **Apparition de nouvelles thématiques avec le temps (12 actuellement)**
 - 1 th-th (Thèse)
 - 6 exp-exp
 - 4 exp-th
 - **Activités ESNT (Pierre angulaire de la collaboration © F. Auger)**
 - ⇒ **ESNT aide (initialement) au maintien de l'activité théorique**
 - **Embauche T. Duguet**
 - **Espace de discussions théorique (organisation de projets communs)**
 - **Cofinancement d'une thèse (SPY) : trop long pour un projet ESNT**

COMPLEMENTARITE DYNAMIQUE DAM/DSM THESE COMMUNE



SPY considère toutes les fragmentations possibles énergétiquement :

- proton and neutron numbers (Z_1, N_1, Z_2, N_2)
- déformations quadripolaires (β_1, β_2)
- distributions possibles en énergie d'excitation (E_1^*, E_2^*)

Calculs HFB+D1S

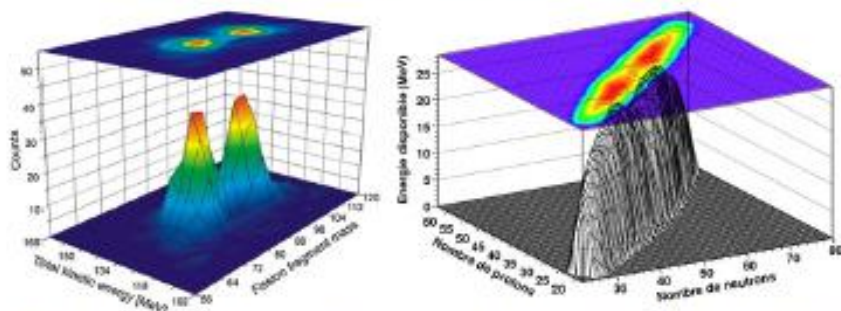


Chaque configuration est affectée d'un poids calculé grâce à :

- **L'énergie disponible** $E_{\text{disp}} = E_1^* + E_2^*$
- **Densité d'états** des deux fragments: $\rho_1(Z_1, N_1, \beta_1, E_1^*)$ et $\rho_1(Z_2, N_2, \beta_2, E_2^*)$

COMPLEMENTARITE DYNAMIQUE DAM/DSM THESE COMMUNE

Light exotic nucleus Two-humped mass distribution



Andreyev et al., PRL 105 (2011) 252502

S. Panebianco et al., PRC 86 (2012) 064601

PHYSICAL REVIEW C 86, 064601 (2012)

Role of deformed shell effects on the mass asymmetry in nuclear fission of mercury isotopes

Stefano Panebianco, Jean-Luc Sida, H eloise Goutte, and Jean-Fran ois Lema tre
IRFU/Service de Physique Nucleaire, CEA Centre de Saclay, F-91191 Gif-sur-Yvette, France

No l Dubray and St ephane Hilaire
CEA, DAM, DIF, F-91297, Arpajon, France
(Received 9 October 2012; published 3 December 2012)

Until now, the mass asymmetry in the nuclear fission process has been understood in terms of the strong influence of the nuclear structure of the nascent fragments. Recently, a surprising asymmetric fission has been discovered in the light mercury region and has been interpreted as the result of the influence of the nuclear structure of the parent nucleus, totally discarding the influence of the fragments' structure. To assess the role of the fragment shell effects in the mass asymmetry in this particular region, a scission-point model, based on a full energy balance between the two nascent fragments, has been developed using one of the best theoretical descriptions of microscopic nuclear structure. As for actinides, this approach shows that the asymmetric splitting of the ^{190}Hg nucleus and the symmetric one of ^{198}Hg can be understood on the basis of only the microscopic nuclear structure of the fragments at scission.

DOI: 10.1103/PhysRevC.86.064601

PACS number(s): 24.75.+i, 25.85.-w, 27.80.+w

PRL 111, 242502 (2013)

PHYSICAL REVIEW LETTERS

week ending
13 DECEMBER 2013

New Fission Fragment Distributions and r -Process Origin of the Rare-Earth Elements

S. Goriely,¹ J.-L. Sida,² I.-F. Lema tre,² S. Panebianco,² N. Dubray,³ S. Hilaire,¹ A. Bauswein,^{4,5} and H.-T. Janka⁵

¹Institut d'Astronomie et d'Astrophysique, CP 226, Universit  Libre de Bruxelles, 1050 Brussels, Belgium

²C.E.A. Saclay, IRFU/Service de Physique Nucleaire, 91191 Gif-sur-Yvette, France

³CEA, DAM, DIF, F-91297 Arpajon, France

⁴Department of Physics, Aristotle University of Thessaloniki, 54124 Thessaloniki, Greece

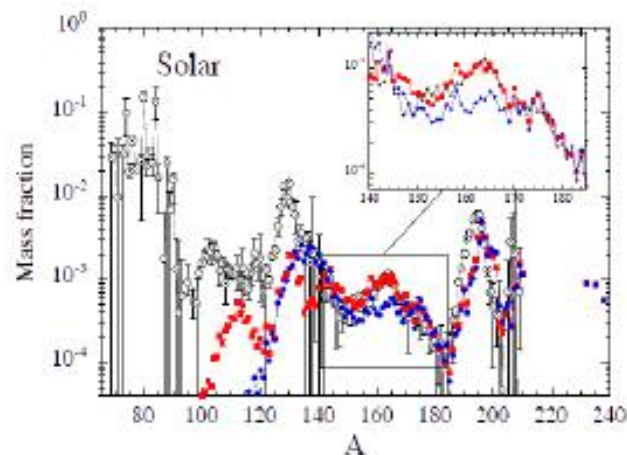
⁵Max-Planck-Institut f r Astrophysik, Postfach 1317, 85741 Garching, Germany

(Received 10 September 2013; revised manuscript received 26 October 2013; published 9 December 2013)

Neutron star (NS) merger ejecta offer a viable site for the production of heavy r -process elements with nuclear mass numbers $A \approx 140$. The crucial role of fission recycling is responsible for the robustness of this site against many astrophysical uncertainties, but calculations sensitively depend on nuclear physics. In particular, the fission fragment yields determine the creation of $110 \lesssim A \lesssim 170$ nuclei. Here, we apply a new scission-point model, called SPY, to derive the fission fragment distribution (FFD) of all relevant neutron-rich, fissioning nuclei. The model predicts a doubly asymmetric FFD in the abundant $A \approx 278$ mass region that is responsible for the final recycling of the fissioning material. Using ejecta conditions based on relativistic NS merger calculations, we show that this specific FFD leads to a production of the $A \approx 165$ rare-earth peak that is nicely compatible with the abundance patterns in the Sun and metal-poor stars. This new finding further strengthens the case of NS mergers as possible dominant origin of r nuclei with $A \approx 140$.

DOI: 10.1103/PhysRevLett.111.242502

PACS number(s): 24.75.+i, 25.85.-w, 26.30.Hj, 26.60.Gj



Heavy exotic nuclei – Huge # of nuclei Four-humped mass distributions

- Historiquement : DSM = exp ; DAM = th
- ESNT créée en 2004 pour **pérenniser** et **étendre** ces liens
 - ⇒ **Signature accord COPHYNU en 2008 (4 axes de collaboration)**
 - ⇒ **Apparition de nouvelles thématiques avec le temps (12 actuellement)**
 - 1 th-th (Thèse)
 - 6 exp-exp
 - 4 exp-th
 - Activités ESNT (Pierre angulaire de la collaboration © F. Auger)
 - ⇒ ESNT aide (initialement) au maintien de l'activité théorique
 - Embauche T. Duguet
 - Espace de discussions théorique (organisation de projets communs)
 - **Cofinancement d'une thèse (SPY) : trop long pour un projet ESNT**
 - Montée en puissance d'une « école » ab-initio française
 - **Réflexions récentes sur le couplage approches ab-initio // effective**

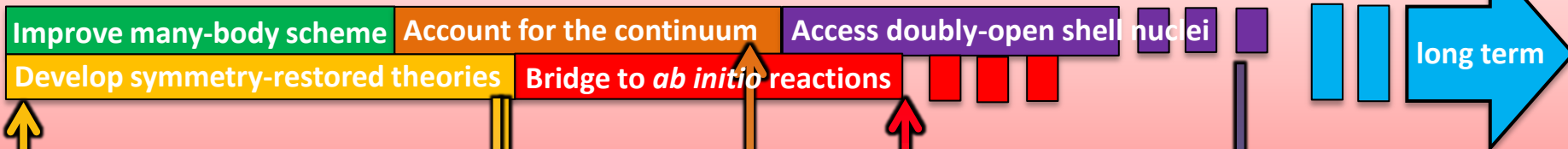
COMPLEMENTARITE DYNAMIQUE DAM/DSM PROJECTIONS COMMUNES

Fertilisation croisée

FIGURE :
JP EBRAN DAM SPN

2014 2015 2016 2017 2018 2019 2020

Ab-initio



Expertise du mécanisme de
brisure/restauration de
symétries et des symétries
pertinentes à briser

Propriétés des
interactions
inter-
nucléoniques

Echange
des
techniques
de
traitement
du
continuum

Contrainte + expertise
du calcul du potentiel
optique

base de données
nucléaires pour les
zones non accessibles
expérimentalement

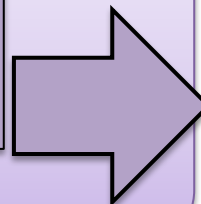
E.D.F.

Généralisation de l'interaction de Gogny - Connexion avec une interaction nue

Amélioration des approches E.D.F. et MP-MH (microscopie + continuum)

Poursuite de l'unification structure/réaction

long terme



- Historiquement : DSM = exp ; DAM = th
- ESNT créée en 2004 pour **pérenniser** et **étendre** ces liens
 - ⇒ **Signature accord COPHYNU en 2008 (4 axes de collaboration)**
 - ⇒ **Apparition de nouvelles thématiques avec le temps (12 actuellement)**
 - 1 th-th (Thèse)
 - 6 exp-exp
 - 4 exp-th
 - Activités ESNT (Pierre angulaire de la collaboration © F. Auger)
 - ⇒ ESNT aide (initialement) au maintien de l'activité théorique
 - Embauche T. Duguet
 - Espace de discussions théorique (organisation de projets communs)
 - **Cofinancement d'une thèse (SPY) : trop long pour un projet ESNT**
 - Montée en puissance d'une « école » ab-initio française
 - **Réflexions récentes sur le couplage approches ab-initio // effective**

Objectifs initiaux atteints et même dépassés :

liens renforcés : plus d'actions communes

liens étendus : élargissement aux réactions

thèse cofinancée

couplage approche ab-initio // effective

DYNAMISME DANS L'OUVERTURE

DYNAMISME DANS L'OUVERTURE ACCUEIL DE VISITEURS / POST-DOC

Visiteurs de courte durée (inférieure à 6 mois)

Visiteurs	Instituts	Dates (lien Ateliers)
		2014
Vladimir Karmanov	Institut Lebedev (Moscou)	15 juin-15 juillet (nd juillet)
Bingwei Long	Sichuan University	01-31 mai (EFT mai)
Heiko Hergert	Ohio University	31 mars-11 avril (3NF avril)
Jason D. Holt	TU, IKP Darmstadt	31 mars-11 avril (3NF avril)
		2013
Rémy Bernard	CEA-DAM	25 février- 24 mai
		2011
Gaute Hagen	Oak Ridge National Laboratory	1 avril - 15 juin
Carlo Barbieri	University of Surrey	11 avril - 6 mai
		2010
T. Rodriguez	GSI	1 fév. - 30 mai
		2008
Rayner Rodríguez-Guzmán	Affiliation 08 SPhN	1mars - 31 mai (CTE 3 mois)
L. Illourmane	Université de Toulouse (stagiaire 5 mois)	31 mars - 31 août
K. Hebler	ECT* Trento	4 juin - 30 sept. (post-doc 4 mois)
J. Engel	University of North Carolina	20 juin - 20 août (visiteur senior 3 mois)
		2006
Y. Iwata	Université de Tokyo	27 janv. - 18 fév.

Liste des visiteurs de longue durée

(plus de 6 mois) et post-doctorants depuis 2004
<http://esnt.cea.fr/index.php?ref=1&id=13>)

T. Lesinski	16 sept 2013 - 28 fév 2015
G. Potel	8 oct2012 - 30 sept2013
A. Signoracci	1 sept 2011 - 31 août 2013
V. Somà	15 sept 2009 - 14 sept 2011
N. Michel	11 mars 2008 - 10 sept 2009
R. Lazauskas	11 juin 2007 - 15 déc 2007
K. Bennaceur	1 janv 2005 - 31 août 2007
M. Bender	1 fév 2006 - 30 sept 2006

DYNAMISME DANS L'OUVERTURE ACCUEIL DE VISITEURS / POST-DOC

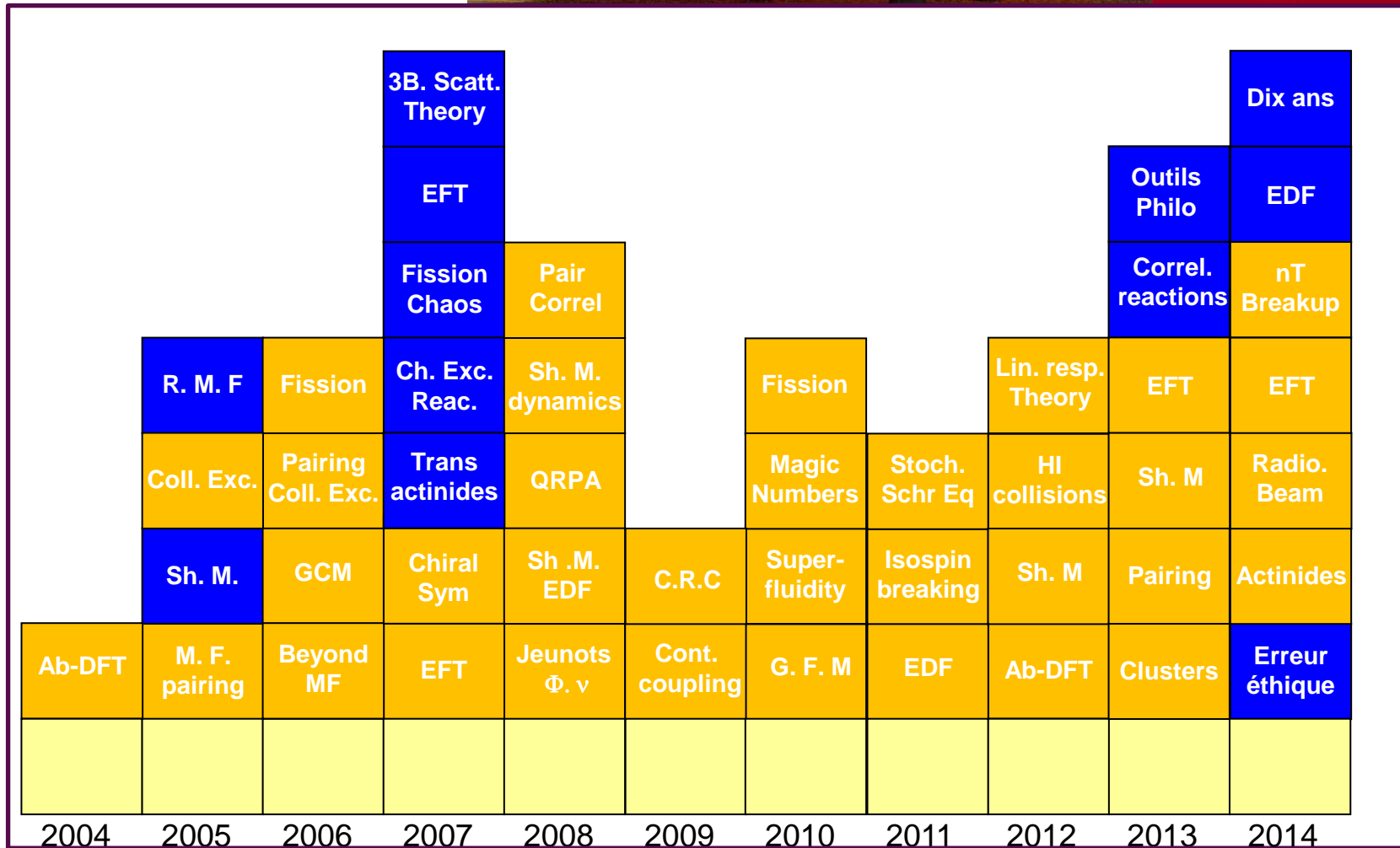
Visiteurs de courte durée (inférieure à 6 mois)

Visiteurs	Instituts	Dates (lien Ateliers)
		2014
Vladimir Karmanov	Institut Lebedev (Moscou)	15 juin-15 juillet (nd juillet)
Bingwei Long	Sichuan University	01-31 mai (EFT mai)
Heiko Hergert	Ohio University	31 mars-11 avril (3NF avril)
Jason D. Holt	TU, IKP Darmstadt	31 mars-11 avril (3NF avril)
		2013
Rémy Bernard	CEA-DAM	25 février- 24 mai
		2011
Gaute Hagen	Oak Ridge National Laboratory	1 avril - 15 juin
Carlo Barbieri	University of Surrey	11 avril - 6 mai
		2010
T. Rodriguez	GSI	1 fév. - 30 mai
		2008
Rayner Rodríguez-Guzmán	Affiliation 08 SPhN	1mars - 31 mai (CTE 3 mois)
L. Illourmane	Université de Toulouse (stagiaire 5 mois)	31 mars - 31 août
K. Hebler	ECT* Trento	4 juin - 30 sept. (post-doc 4 mois)
J. Engel	University of North Carolina	20 juin - 20 août (visiteur senior 3 mois)
		2006
Y. Iwata	Université de Tokyo	27 janv. - 18 fév.

Liste des visiteurs de longue durée (plus de 6 mois) et post-doctorants depuis 2004 <http://esnt.cea.fr/index.php?ref=1&id=13>

T. Lesinski	16 sept 2013 - 28 fév 2015
G. Potel	8 oct2012 - 30 sept2013
A. Signoracci	1 sept 2011 - 31 août 2013
V. Somà	15 sept 2009 - 14 sept 2011
N. Michel	11 mars 2008 - 10 sept 2009
R. Lazauskas	11 juin 2007 - 15 déc 2007
K. Bennaceur	1 janv 2005 - 31 août 2007
M. Bender	1 fév 2006 - 30 sept 2006

DYNAMISME DANS L'OUVERTURE ACCUEIL D'ORGANISATEURS



PostDoc
Visiteurs

CONCLUSIONS, PERSPECTIVES

Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives
CEA, DAM, DIF | 91297 Arpajon
T. +33 (0)1 69 26 51 80 | F. +33 (0)1 69 26 70 63

Etablissement public à caractère industriel et commercial | RCS Paris B 775 685 019